

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-187983

(43)Date of publication of application : 04.07.2003

(51)Int.Cl.

H05B 33/26

G09F 9/30

H01L 51/00

H05B 33/12

H05B 33/14

(21)Application number : 2001-383624

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 17.12.2001

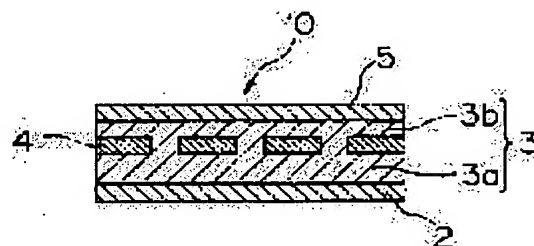
(72)Inventor : IECHI HIROYUKI  
AKIYAMA ZENICHI  
KONDO HIROSHI  
TANO TAKANORI

## (54) ORGANIC EL TRANSISTOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an organic EL transistor at low cost, in which operation speed is improved and high power is realized, and which has high luminous efficiency.

**SOLUTION:** This is an organic EL transistor 10 that comprises a source electrode 5 and a drain electrode 2 provided opposed to each other, and comprises an organic semiconductor layer 3 between the source electrode 5 and the drain electrode 2, and comprises a comb-shape or mesh-shape gate electrode 4 that is arranged in nearly parallel with the source electrode 5 and the drain electrode 2 with an interval at the nearly central part of the organic semiconductor layer 3. This organic semiconductor layer 3 is constructed of an electroluminescent organic semiconductor material. The electroluminescent organic semiconductor material is made of a compound such as naphthalene, anthracene, tetracene, pentacene, hexacene, phthalocyanine system compound, azo system compound, perylene system compound, triphenylmethane compound, stilbene compound, poly-N-vinylcarbazole, and polyvinylpyrene.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-187983

(P 2 0 0 3 - 1 8 7 9 8 3 A)

(43) 公開日 平成15年7月4日(2003.7.4)

| (51) Int. Cl. <sup>7</sup>         | 識別記号 | F I        | テマコード (参考) |
|------------------------------------|------|------------|------------|
| H05B 33/26                         |      | H05B 33/26 | A 3K007    |
| G09F 9/30                          | 338  | G09F 9/30  | 338 5C094  |
|                                    | 365  |            | 365 Z      |
| H01L 51/00                         |      | H05B 33/12 | Z          |
| H05B 33/12                         |      | 33/14      | A          |
| 審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全13頁) 最終頁に続く |      |            |            |

(21) 出願番号 特願2001-383624(P 2001-383624)

(22) 出願日 平成13年12月17日(2001.12.17)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 家地 洋之

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 秋山 善一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74) 代理人 100060690

弁理士 瀧野 秀雄

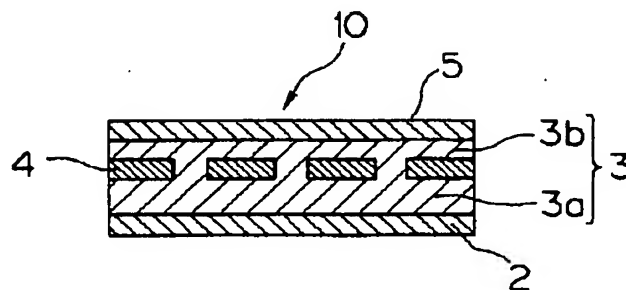
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機ELトランジスタ

(57) 【要約】

【課題】 動作速度を向上させると共に大電力化を可能とした発光効率の高い有機ELトランジスタを低コストで提供する。

【解決手段】 対向して設けたソース電極5及びドレイン電極2を有すると共に、該ソース電極5とドレイン電極2との間に有機半導体層3を有し、そして、該有機半導体層3中の略中央部分に間隔をあけて該ソース電極5及びドレイン電極2と略平行に配置した櫛状又はメッシュ状のゲート電極4を有する有機ELトランジスタ10において、該有機半導体層3が電界発光有機半導体材料で構成されたものとする。前記電界発光有機半導体材料は、ナフタレン、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン、フタロシアニン系化合物、アゾ系化合物、ペリレン系化合物、トリフェニルメタン化合物、スチルベン化合物、ポリ-N-ビニルカルバゾール、ポリビニルピレン等の化合物で構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対向して設けたソース電極及びドレイン電極を有すると共に、該ソース電極とドレイン電極との間に有機半導体層を有し、そして、該有機半導体層中の略中央部分に間隔をあけて該ソース電極及びドレイン電極と略平行に配置した櫛状又はメッシュ状のゲート電極を有する有機 E L トランジスタであって、該有機半導体層が電界発光有機半導体材料で構成されていることを特徴とする有機 E L トランジスタ。

【請求項 2】 前記電界発光有機半導体材料が、①ナフタレン、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも 1 種のアセン分子材料、②フタロシアニン系化合物、アゾ系化合物、ペリレン系化合物、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも 1 種の顔料、③ヒドラゾン化合物、トリフェニルメタン化合物、ジフェニルメタン化合物、スチルベン化合物、アリールビニル化合物、ピラゾリン化合物、トリフェニルアミン化合物、トリアリールアミン化合物、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも 1 種の低分子化合物、或いは、④ポリ-N-ビニルカルバゾール、ハロゲン化ポリ-N-ビニルカルバゾール、ポリビニルピレン、ポリビニルアントラセン、ピレンホルムアルデヒド樹脂、エチルカルバゾールホルムアルデヒド樹脂、及び、それらの変性体から選択される少なくとも 1 種の高分子化合物、で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 3】 透明基板の上面に、前記ドレイン電極、有機半導体層及びソース電極を順次有し、そして、該有機半導体層を p 型半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極を透明電極材料で構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 4】 前記ドレイン電極と p 型半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とする請求項 3 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 5】 p 型半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とする請求項 4 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 6】 透明基板の上面に、前記ソース電極、有機半導体層及びドレイン電極を順次有し、そして、該有機半導体層を n 型半導体材料で構成すると共に、該ソース電極を透明電極材料で構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 7】 前記ドレイン電極と p 型半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とする請求項 6 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 8】 p 型半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とする請求項 7 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 9】 基板の上面に、前記ソース電極、有機半

導体層及びドレイン電極を順次有し、そして、該有機半導体層を p 型半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極を透明電極材料で構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 10】 前記ドレイン電極と p 型半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とする請求項 9 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 11】 p 型半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とする請求項 10 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 12】 基板の上面に、前記ドレイン電極、有機半導体層及びソース電極を順次有し、そして、該有機半導体層を n 型半導体材料で構成すると共に、該ソース電極を透明電極材料で構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 13】 前記ドレイン電極と p 型半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とする請求項 12 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 14】 p 型半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とする請求項 13 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 15】 基板の上面に、前記有機半導体層及びドレイン電極を順次有すると共に、基板の下面にソース電極を有し、そして、該有機半導体層を p 型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、前記ドレイン電極を透明電極材料で構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 16】 基板の上面に、前記有機半導体層及びソース電極を順次有すると共に、基板の下面にドレイン電極を有し、そして、該有機半導体層を n 型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、前記ソース電極を透明電極材料で構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 17】 前記ゲート電極、ソース電極及びドレイン電極が、クロム (Cr)、タリウム (Ta)、チタン (Ti)、銅 (Cu)、アルミニウム (Al)、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、ニッケル (Ni)、金 (Au)、パラジウム (Pd)、白金 (Pt)、銀 (Ag)、錫 (Sn)、導電性ポリアニリン、導電性ポリピロール、導電性ポリチアジル及び導電性ポリマよりなる群から選択される少なくとも 1 種の材料で構成されていることを特徴とする請求項 1～16 のいずれかに記載の有機 E L トランジスタ。

【請求項 18】 ゲート電極が 10 nm 以下、好ましくは、2～3 nm の膜厚の Al 薄膜で形成されることを特徴とする請求項 1～17 のいずれかに記載の有機 E L ト

ランジスタ。

【請求項19】ソース電極又はドレイン電極が30～500nmの膜厚の薄膜で形成されることを特徴とする請求項1～18のいずれかに記載の有機ELトランジスタ。

【請求項20】透明電極材料がITOであることを特徴とする請求項1～19のいずれかに記載の有機ELトランジスタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自発光型有機エレクトロルミネッセンス(EL)ディスプレイとして有用な有機ELトランジスタに関し、さらに、詳しくは、有機発光ダイオード(LED)と有機トランジスタとを複合させて、スイッチング機能と発光機能の両方を兼ね備えるようにした有機ELトランジスタに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、有機EL素子は、無機材料を用いた発光素子に比べて、①軽量化が可能であること、②大面積化が容易であること、及び、③種々の発光が得られること、といった利点を有していることが明らかになってきたので、その研究が盛んに行われるようになってきた。有機EL素子を用いた有機ELディスプレイは、高輝度であって、薄型であり、しかも、極めて早い応答速度を有しているため、現在、主流となっている液晶ディスプレイに代わる次世代ディスプレイデバイスとして有望視されている。一方、アモルファスシリコン又はポリシリコンで作られた薄膜トランジスタ、即ち、TFT(Thin Film Transistor)は、ディスプレイを駆動(制御)するデバイスとして用いられてきた。最近では、TFTにおけるアモルファスシリコン又はポリシリコンに代わる材料として有機半導体材料が注目を浴びている。

【0003】有機トランジスタの研究は、1980年代初頭から盛んに行われ、低分子、高分子有機半導体膜の基礎的な特性が調べられたが、有機半導体材料は、無機半導体材料に比べて、低電荷移動度及び高電気抵抗を有する材料であるため、実用的な観点においてはあまり注目されなかった。しかし、最近になって、有機材料の軽量、柔軟性の特徴を生かした携帯用電子機器の用途や液晶に代わる次世代の大面積ディスプレイ素子として実用化に向けた研究が活発に行われ始めている。例えば、高濃度にドーピングしたシリコン基板上にペンタセンを成膜して0.52cm<sup>2</sup>/V・secの電荷移動度を実現したTFTが提案されている(特開平10-270712号公報)。

【0004】かかるペンタセンを成膜したTFTは、ペンタセンを薄膜に形成するには真空成膜が必要であること、基板に対するペンタセンの付着力が弱いこと、といった問題があった。そこで、C. J. Druryらは、基板に

ポリイミドを用い、半導体材料にポリチエニレンビニレン(PTV)を用い、絶縁材料にポリビニルフェノール(PVP)を用い、そして、電極材料にドーブトーポリアニリンを用いて、すべて有機材料で構成した3×10<sup>-4</sup>cm<sup>2</sup>/V・secの電荷電化移動度を実現したTFTを提案した(APL Vol. 73, No. 1 (1998) 108)。

【0005】しかしながら、このC. J. Druryらが提案したTFTでも、電荷移動度がなお低いので問題があり、改善の余地はまだ多くあった。これらの事実から、有機半導体材料を用いたTFTの電荷移動度をアモルファス・シリコンに近い、それ以上の電荷移動度にするためには、有機半導体材料に係わる技術にTFTの構造及びTFT作製プロセスに係わる技術を加えたトータルな技術の向上を目指すことが重要であった。

【0006】有機半導体材料には、①ペンタセン、金属フタロシアニン等の低分子化合物、②C<sub>60</sub>、～C<sub>60</sub>のn-チオフェン等の短鎖オリゴマー、③ポリチオフェン、ポリフェニレンビニレン等の長鎖ポリマーがある。前記長鎖ポリマーは、π共役系導電性高分子として知られており、隣接する多重結合した原子間の原子軌道の重なり合いによって、分子、オリゴマー及びポリマーに沿った電荷の移動が可能になる。隣接する分子間の分子軌道の重なり合いによっては分子間の電荷移動が可能になる。低分子化合物又は短鎖オリゴマーの有機薄膜は、有機材料としては最も高い移動度を示すことが知られているが、このような高移動度を示す低分子化合物又は短鎖オリゴマーは、真空蒸着によって、規則的に配列された薄膜として付着される。この薄膜内の規則配列によれば、原子軌道が重なり合い、そのために、隣接する分子間の電荷の移動をもたらすと考えられている。前記長鎖ポリマーは、可溶性が大きく、スピン・コーティングやディッピング・コーティングなど低コストの技術で成膜が可能であるため、やや有利であるが、配列が不規則なため電荷移動度はより低いという問題があった。このように、いまのところ、決定的に高い電荷移動度を有する有機半導体材料は見当たらず、今後の高電荷移動度有機材料の出現に期待するところは極めて大きい。

【0007】以上のように、有機半導体材料は、真空蒸着、スピン・コーティング、ディッピング・コーティング、印刷、インクジェット等のより安価で容易な成膜技術によりTFTを実現できる可能性を持っているため、有利ではあるが、それでもなお、電荷移動度は、所望の値より低いという問題があり、その典型的な電荷移動度は、小分子/短鎖オリゴマーでは、0.001～0.1cm<sup>2</sup>/V・sec、長鎖ポリマーでは、0.0001～0.01cm<sup>2</sup>/V・secであった。報告されている有機半導体材料固有の最も高い電荷移動度は、ペンタセン薄膜の0.7cm<sup>2</sup>/V・secであった。

【0008】このような技術状況において、前述の有機EL素子の駆動部分に単純に電界効果型トランジスタ

10

20

30

40

50

(FET)構造のTFETを導入しても、その電荷移動度がまだ低く、動作速度、電力の観点で十分な特性を得ることは非常に難しいという問題があった。低い電荷移動度でも比較的良好なON電流値が得られるスイッチング素子として静電誘導型トランジスタ(SIT)がある。SITは、通常のTFETが活性層の水平方向に電流を流す横形であるのに対して、活性層の垂直方向に電流を流す縦形のトランジスタである。

【0009】図11は、SITの概略断面図である。SITは、一般的に、N<sup>+</sup>ソース電極101とN<sup>+</sup>ドレイン電極102に挟まれた半導体層104にP<sup>+</sup>ゲート103が挿入された構造をしている。P<sup>+</sup>ゲート電極103に電圧を印加したとき、両側にあるP<sup>+</sup>ゲート103から半導体層104中に伸びてきた空乏層(図中点線で示した部分)105がちょうど接触するときの電圧に対して、ゲート電圧が小さい場合に、SITはオン状態になる。オフ状態にするには、P<sup>+</sup>ゲート103とN<sup>+</sup>ソース電極101との間に負の電圧を印加して、電位レベルを持ち上げてやる必要がある。つまり、N<sup>+</sup>ソース電極101とN<sup>+</sup>ドレイン電極102との間に流れる電流IDSは、P<sup>+</sup>ゲート103に印加された電圧とドレイン電圧V<sub>D</sub>によって生じる電位障壁の高さによって決まる。このような動作をするSITは、ノーマリーオン特性のSITと呼ばれている。ノーマリーオン特性のSITは、①ゲートからのキャリアの注入がないので動作速度が速いこと、②電流集中がないので、破壊大量が大きい(大電流が流せる)こと、③電圧駆動デバイスであること、及び、④不飽和電流電圧特性を示すこと、等の特徴を有している。

【0010】有機半導体を用いたSITとしては、銅フタロシアニン(CuPc)をソース電極、ドレイン電極で挟み、ゲート電極にアルミニウムを有機材料の銅フタロシアニン(CuPc)内部に薄く真空蒸着により形成したスリット状のアルミニウムを埋め込んだ縦型TFETが報告されている(工藤ら、T. IEE Japan, Vol. 118-A, No. 10, (1998) P1166-1171)。このSITは、ガラス基板上に膜をすべて真空蒸着法によって成膜している。また、このSITにおいては、CuPcによる有機分子蒸着膜とスリット状アルミニウムゲート電極の界面近傍でショットキー障壁を形成するために、スリット状アルミニウムを蒸着した直後に大気にさらして、アルミニウム表面を酸化している。しかしながら、このSITにおいては、すべて、真空蒸着法を用いているので、設備コストが高くなり、そのために、生産性が低くなるという問題があり、また、大気にさらして金属を酸化する方法は、制御性が悪く、品質の再現性が悪いという問題があった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる問題を解決することを目的としている。即ち、本発明は、動

作速度を向上させると共に大電力化を可能とした発光効率の高い有機ELトランジスタを低コストで提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は、対向して設けたソース電極及びドレイン電極を有すると共に、該ソース電極とドレイン電極との間に有機半導体層を有し、そして、該有機半導体層中の略中央部分に間隔をあけて該ソース電極及びドレイン電極と略平行に配置した櫛状又はメッシュ状のゲート電極を有する有機ELトランジスタとし、その際、有機半導体層を電界発光有機半導体材料で構成したところ、動作速度を向上させると共に大電力化を可能とした発光効率の高い有機ELトランジスタを低コストで提供できることを見い出して本発明を完成するに至った。

【0013】即ち、請求項1に記載された発明は、上記目的を達成するために、対向して設けたソース電極及びドレイン電極を有すると共に、該ソース電極とドレイン電極との間に有機半導体層を有し、そして、該有機半導体層中の略中央部分に間隔をあけて該ソース電極及びドレイン電極と略平行に配置した櫛状又はメッシュ状のゲート電極を有する有機ELトランジスタであって、該有機半導体層が電界発光有機半導体材料で構成されていることを特徴とする有機ELトランジスタである。

【0014】請求項2に記載された発明は、請求項1に記載された発明において、前記電界発光有機半導体材料が、①ナフタレン、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも1種のアセン分子材料、②フタロシアニン系化合物、アゾ系化合物、ペリレン系化合物、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも1種の顔料、③ヒドラゾン化合物、トリフェニルメタン化合物、ジフェニルメタン化合物、スチルベン化合物、アリールビニル化合物、ピラゾリン化合物、トリフェニルアミン化合物、トリアリールアミン化合物、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも1種の低分子化合物、或いは、④ポリ-N-ビニルカルバゾール、ハロゲン化ポリ-N-ビニルカルバゾール、ポリビニルピレン、ポリビニルアントラセン、ピレンホルムアルデヒド樹脂、エチルカルバゾールホルムアルデヒド樹脂、及び、それらの変性体から選択される少なくとも1種の高分子化合物、で構成されていることを特徴とするものである。

【0015】請求項3に記載された発明は、請求項1に記載された発明において、透明基板の上面に、前記ドレイン電極、有機半導体層及びソース電極を順次有し、そして、該有機半導体層をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極を透明電極材料で構成したことを特徴とするものである。

【0016】請求項4に記載された発明は、請求項3に記載された発明において、前記ドレイン電極とp型の電

界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とするものである。

【0017】請求項5に記載された発明は、請求項4に記載された発明において、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とするものである。

【0018】請求項6に記載された発明は、請求項1に記載された発明において、透明基板の上面に、前記ソース電極、有機半導体層及びドレイン電極を順次有し、そして、該有機半導体層をn型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ソース電極を透明電極材料で構成したことを特徴とするものである。

【0019】請求項7に記載された発明は、請求項6に記載された発明において、前記ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とするものである。

【0020】請求項8に記載された発明は、請求項7に記載された発明において、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とするものである。

【0021】請求項9に記載された発明は、請求項1に記載された発明において、基板の上面に、前記ソース電極、有機半導体層及びドレイン電極を順次有し、そして、該有機半導体層をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極を透明電極材料で構成したことを特徴とするものである。

【0022】請求項10に記載された発明は、請求項9に記載された発明において、前記ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とするものである。

【0023】請求項11に記載された発明は、請求項10に記載された発明において、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とするものである。

【0024】請求項12に記載された発明は、請求項1に記載された発明において、基板の上面に、前記ドレイン電極、有機半導体層及びソース電極を順次有し、そして、該有機半導体層をn型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ソース電極を透明電極材料で構成したことを特徴とするものである。

【0025】請求項13に記載された発明は、請求項12に記載された発明において、前記ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することを特徴とするものである。

【0026】請求項14に記載された発明は、請求項13に記載された発明において、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することを特徴とするものである。

【0027】請求項15に記載された発明は、請求項1

に記載された発明において、基板の上面に、前記有機半導体層及びドレイン電極を順次有すると共に、基板の下面にソース電極を有し、そして、該有機半導体層をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、前記ドレイン電極を透明電極材料で構成したことを特徴とするものである。

【0028】請求項16に記載された発明は、請求項1に記載された発明において、基板の上面に、前記有機半導体層及びソース電極を順次有すると共に、基板の下面にドレイン電極を有し、そして、該有機半導体層をn型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、前記ソース電極を透明電極材料で構成したことを特徴とするものである。

【0029】請求項17に記載された発明は、請求項1～16のいずれかに記載された発明において、前記ゲート電極、ソース電極及びドレイン電極が、クロム(Cr)、タリウム(Ta)、チタン(Ti)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ニッケル(Ni)、金(Au)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、錫(Sn)、導電性ポリアニリン、導電性ポリピロール、導電性ポリチアジル及び導電性ポリマよりなる群から選択される少なくとも1種の材料で構成されていることを特徴とするものである。

【0030】請求項18に記載された発明は、請求項1～17のいずれかに記載された発明において、ゲート電極が10nm以下、好ましくは、2～3nmのAl薄膜で形成されることを特徴とするものである。

【0031】請求項19に記載された発明は、請求項1～18のいずれかに記載された発明において、ソース電極又はドレイン電極が30～500nmの膜厚の薄膜で形成されることを特徴とするものである。

【0032】請求項20に記載された発明は、請求項1～19のいずれかに記載された発明において、透明電極材料がITOであることを特徴とするものである。

【0033】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図2は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図3は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図4は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図5は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図6は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図7は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図8は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図9は、本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。図10は、本発明の



一実施の形態を示す有機ELトランジスタの製造工程図である。

【0034】図1において、10は、有機ELトランジスタである。図1に示すように、有機ELトランジスタ10は、対向して設けたソース電極5及びドレイン電極2を有すると共に、該ソース電極5とドレイン電極2との間に有機半導体層3を有し、そして、該有機半導体層3中の略中央部分に間隔をあけて該ソース電極5及びドレイン電極2と略平行に配置した櫛状又はメッシュ状のゲート電極4を有している。前記有機半導体層3は、電

【0035】本発明は、このように、有機LEDと有機トランジスタとを複合してシンプルな構造をした縦型の有機ELトランジスタ10としたので、①有機ELトランジスタの電流経路であるチャンネル長を膜厚に対応して薄くすることによって動作抵抗を低くすることができ、そのために、動作速度を向上させることができ、②表面に形成した電極全体を有効利用して、動作速度を向上させると共に大電力化を可能にすることができ、③発光効率の高い高精細なフルカラー有機ELディスプレイとすることができ、そして、④コストを低減化することができ

【0036】本発明は、このように、ソース電極5とドレイン電極2との間に有機半導体層3を有しているの、ゲート電極4に比較的小さい電圧を加えるとゲート領域近傍の有機半導体層3に埋め込まれたゲート電極4の近傍では加えた電圧の極性に反発する電荷のキャリアが追い払われて空乏層が発生する。また、ゲート電極に大きなゲート電圧を加えると有機半導体層3のゲート電極4の表面近傍に発生した空乏層が櫛状又はメッシュ状（例えば、碁盤目状）に形成された隣接するゲート電極間に空乏層が繋がってソース電極5とドレイン電極2の電流が流れなくなる。したがって、本発明は、櫛状又はメッシュ状のゲート電極4を有機半導体層3中に有することによって、トランジスタのオン／オフ比が更に大きくなり、ノーマリーオン特性のSITを実現できる。

【0037】本発明における電界発光有機半導体材料は、好ましくは、①ナフタレン、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも1種のアセン分子材料、②フタロシアニン系化合物、アゾ系化合物、ペリレン系化合物、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも1種の顔料、③ヒドラゾン化合物、トリフェニルメタン化合物、ジフェニルメタン化合物、スチルベン化合物、アリールビニル化合物、ピラゾリン化合物、トリフェニルアミン化合物、トリアリールアミン化合物、及び、それらの誘導体から選択される少なくとも1種の低分子化合物、或いは、④ポリ-N-ビニルカルバゾール、ハロゲン化ポリ-N-ビニルカルバゾール、ポリビニルピレン、ポリビニルアントラセン、ピレンホルムアルデヒド

樹脂、エチルカルバゾールホルムアルデヒド樹脂、及び、それらの変性体から選択される少なくとも1種の高分子化合物、で構成されるが、フルオレノン系、ジフェノキノン系、ベンゾキノン系、アントラキノン系、インデノン系、ポリチオフェン系、及び、ポリフェニレンビニレン系化合物も使用可能である。

【0038】このように、本発明は、有機ELトランジスタの有機半導体層が前記したような電界発光有機半導体材料で構成されているので、スイッチング機能と発光機能とを併せた機能を有する有機ELトランジスタとすることができ、そのために、有機ELトランジスタの全体の構造を小型化にすることができ、よって、製造コストを低減化することができる。

【0039】また、前記電界発光有機半導体材料は、蒸着、化学蒸着、スピンコーティング、印刷、塗布・ベーク、エレクトロポリマライゼーション、分子ビーム付着、溶液からのセルフ・アセンブリ、及び、これらの組合せよりなる群から選択され手段によって有機半導体層に形成される。それ故、本発明は、その有機半導体層の成膜において蒸着、塗布といった簡易な手段を採用することが可能となり、そのために、有機ELトランジスタの製造コストを低減化することができる。

【0040】本発明は、図2に示すように、透明な基板11の上面に、ドレイン電極12、有機半導体層13及びソース電極15を順次有し、そして、該有機半導体層をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極12を透明電極材料で構成した有機ELトランジスタ20とすることができる。図2において、14は、有機半導体層13中の略中央部分に間隔をあけて該ソース電極15及びドレイン電極12と略平行に配置した櫛状又はメッシュ状（例えば、碁盤目状）のゲート電極14である。この有機ELトランジスタ20においては、有機半導体層13で発光した光は、透明な基板11から放射される。

【0041】ここで、本発明における有機半導体層13は、発光層とトランジスタのチャンネル層の両方を兼ね合わせた構成となっているので、混乱を避けるためにソース電極とドレイン電極が有機半導体の導電型によって入れ換えることを説明しておく。有機半導体13の導電タイプがP型ならばドレイン電極12がITO等の透明電極材料で構成され、そして、ソース電極15が金属電極材料で構成される。もし、図2に示す有機ELトランジスタ20において、有機半導体層をn型の半導体材料で構成するならば、15が金属電極材料で構成されるドレイン電極となり、12がITO等の透明電極材料で構成されるソース電極となる。このように、有機半導体層（発光層）13から見ればITO等の透明電極材料で構成される電極は、常にアノードであり、また、金属電極材料で構成される電極は、カソードになる。

【0042】また、図5に示すように、かかる有機EL



トランジスタ50においては、ITO等の透明電極材料で構成されるドレイン電極42とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層43との間に正孔注入層46を設けて有機ELトランジスタ50とすることができる。図5において、41、44及び45は、それぞれ、透明な基板、ゲート電極及びソース電極である。本発明における正孔注入層46は、例えば、PEDOT、アニリン等化合物で構成される。

【0043】このように、ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を設けると、陽極（即ち、ドレイン電極）と発光層（即ち、有機半導体層）との間のエネルギー障壁をなくすることができる。それ故、本発明によれば、①ゲートからのキャリアの注入がなく、そのために、動作速度が速くなり、②電流集中がなく、そのために、破壊大量が大きくなり（大電流が流せる）、③電圧駆動デバイスとなり、そして、④ノーマリオンタイプでは不飽和電流電圧特性を示す（ノーマリオフタイプでは、飽和電流電圧特性を示す）、といった効果を奏する。

【0044】その理由は、次のとおりである。即ち、発光デバイスの実用的な観点から重要な発光のエネルギー効率は、素子に入力した電気エネルギーに対する取り出された光のエネルギーの比で与えられる。発光のメカニズムに基づいて発光性能を考察するには、LEDの発光の量子効率を用いる必要がある。量子効率は素子を流れる電子ないしは正孔1個当たり（外部回路を流れる電流を素電荷で割った見かけの注入キャリア数で定義する）のフォトンが何個放出されるかで定義される。また、LED素子から外部へ取り出せるエネルギー或いはフォトン数に関する外部効率と物理過程としての電気-光変換過程に関する内部効率は、明確に区別する必要がある。本発明は、外部効率に着目し、素子に入力する電気エネルギーの注入効率を向上させるものである。有機半導体材料を用いた単層構造のLEDは、電極から注入された電子と正孔がフォトンに変換されて最終的に素子外部に取り出されるまでの経路を考えると、外部回路を流れる電流のうち、ある割合が電子-正孔対としてキャリア再結合に寄与でき、再結合した電子-正孔対のうちの一部が発光性分子励起子の生成に消費される。生成した励起子は蛍光量子効率で規定される割合だけがフォトンに転換され、残りは様々な経路で消失する。このような考察から、有機半導体の発光効率は、電子と正孔の注入バランスにより、電子-正孔対の再結合による励起子の生成効率が向上することになる。

【0045】本発明の有機ELトランジスタは、積層構造を工夫することにより、電子と正孔のバランスした注入を可能にしようとするものである。本発明者は、電子と正孔とのバランスをとるには、有機半導体発光層内での電子と正孔の電荷移動度を一致させればよいと考えた。しかし、単層内でこれを実現するのは困難であるの

で、電極-有機半導体層界面に実効的に働く電界の大きさを調節することで、正負のバランスを達成しようとするものである。つまり、電極-有機半導体層間のキャリア注入障壁を下げれば、印加電圧を低下することにつながり、逆に電極-有機半導体層間のキャリア注入障壁を上げれば、印加電圧を高くすることにつながる。有機LEDの発光色は有機物質の禁止帯巾である最高被占軌道（HOMO: Highest Occupied Molecular Orbital）と最低空準位（LUMO: Lowest Unoccupied Molecular Orbital）のエネルギー差、即ち、エネルギーギャップEgによって決まる。

【0046】しかし、必ずしも、発光がHOMO-LUMO間のエネルギー遷移によらない場合もあり、特に、 $\pi$ 共役系の高分子の場合、Egは1~3.5eV程度で可視領域をカバーしている。さて、電子、正孔の注入に関しては、電子に対しては陰極のフェルミ準位とLUMOの間にエネルギー障壁が無いこと、及び、正孔に対しては陽極のフェルミ準位とLUMOの間にエネルギー障壁が無いことが要求される。つまり、陽極の仕事関数は、大きいことが要求され、また、陰極の仕事関数は、小さいことが要求される。光を取り出すために透明電極を用いるが、ITO（Indium Tin Oxide）を用いるので陽極側にこれを用いる。陰極側には酸化されにくい光学的に不透明な材料を用いる。よって、ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を設けて、陽極（即ち、ドレイン電極）と発光層（即ち、有機半導体層）との間のエネルギー障壁をなくすることができる。

【0047】また、図7に示すように、かかる有機ELトランジスタ70においては、ソース電極65とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層63との間に電子注入層67を有する有機ELトランジスタ70とすることができる。図7において、61、62、66及び64は、それぞれ、透明な基板、ITO等の透明電極材料で構成されるドレイン電極、正孔注入層及びゲート電極である。

【0048】このように、有機ELトランジスタ70において、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層63と前記ソース電極65との間に電子注入層67を設けると、電子注入抵抗を低くすることができ、そのために、さらに大電力化が可能となる。

【0049】本発明の有機ELトランジスタは、透明基板の上面に、ソース電極、有機半導体層及びドレイン電極を順次有し、そして、該有機半導体層をn型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ソース電極を透明電極材料で構成することができる（図示せず）。この有機ELトランジスタにおいては、有機半導体層で発光した光は、透明な基板から放射される（図2参照）。また、この有機ELトランジスタにおいては、前記ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有

機半導体層との間に正孔注入層を有することができ、さらに、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することができる。

【0050】本発明は、図3に示すように、基板21の上面に、ソース電極25、有機半導体層23及びドレイン電極22を順次有し、そして、該有機半導体層23をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極22を透明電極材料で構成した有機ELトランジスタ30とすることができる。図3において、24は、ゲート電極である。この有機ELトランジスタ30においては、光は、ドレイン電極22から放射される。また、図6に示されているように、かかる有機ELトランジスタ60においては、ドレイン電極52とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層53との間に正孔注入層56を設けることができる。図6において、51、54及び55は、それぞれ、基板、ゲート電極及びソース電極である。さらに、図8に示すように、本発明の有機ELトランジスタ80においては、基板71の上面に、ソース電極75、有機半導体層73及びドレイン電極72を順次有し、そして、該有機半導体層73をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ドレイン電極72を透明電極材料で構成した有機ELトランジスタ80とし、しかも、ドレイン電極72とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層73との間に電子注入層77を設けると共に、ソース電極75とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層73との間に正孔注入層76を設けることができる。本発明における電子注入層は、例えば、イアノ基を有するポリフェニレンビニレン(PPV)である。

【0051】本発明は、基板の上面に、前記ドレイン電極、有機半導体層及びソース電極を順次有し、そして、該有機半導体層をn型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、該ソース電極を透明電極材料で構成した有機ELトランジスタとすることができる(図示せず)。また、この有機ELトランジスタにおいては、前記ドレイン電極とp型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層との間に正孔注入層を有することができ、さらに、p型の電界発光有機半導体材料で構成された有機半導体層と前記ソース電極との間に電子注入層を有することができる。(図示せず)

【0052】本発明は、図9に示すように、基板81の上面に、有機半導体層83及びドレイン電極82を順次有すると共に、基板81の下面にソース電極85を有し、そして、該有機半導体層83をp型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、前記ドレイン電極82を透明電極材料で構成した有機ELトランジスタ90とすることができる。この有機ELトランジスタ90においては、光は、ドレイン電極82から放射される。図9に

において、84は、ゲート電極である。

【0053】本発明は、図4に示すように、基板31の上面に、有機半導体層33及びソース電極35を順次有すると共に、基板31の下面にドレイン電極32を有し、そして、該有機半導体層33をn型の電界発光有機半導体材料で構成すると共に、前記ソース電極35を透明電極材料で構成した有機ELトランジスタ40とすることができる。図4において、34はゲート電極である。この有機ELトランジスタ40においては、光は、ソース電極35から放射される。

【0054】本発明におけるゲート電極、ソース電極及びドレイン電極は、好ましくは、クロム(Cr)、タリウム(Ta)、チタン(Ti)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)、ニッケル(Ni)、金(Au)、パラジウム(Pd)、白金(Pt)、銀(Ag)、錫(Sn)、導電性ポリアニリン、導電性ポリピロール、導電性ポリチアジル及び導電性ポリマよりなる群から選択される少なくとも1種の材料で構成され、蒸着、スパッタリング、化学蒸着、電着、無電解メッキ、スピンコーティング、印刷、及び、塗布よりなる群から選択されたプロセスで形成される。そして、前記ゲート電極は、10nm以下、好ましくは、2~3nmの膜厚の薄膜で形成され、また、前記ソース電極及びドレイン電極は、好ましくは、30~500nmの膜厚の薄膜で形成される。また、本発明における透明電極は、ITO等の透明な電極材料で構成される。

【0055】本発明における基板は、ガラス、プラスチック、石英、アンドープ・シリコン、及び、高ドーブ・シリコンよりなる群から選択される。本発明における基板は、プラスチック基板であってもかまわない。かかるプラスチック基板は、ポリカーボネート、マイラー、及び、ポリイミドを含む群から選択される。

【0056】本発明の有機ELトランジスタの製造例  
本発明の有機ELトランジスタ(図2)は、図10に示されるように、

- ①透明基板11の上面にITO等の透明電極材料を成膜してドレイン電極12を形成する工程(a)、
- ②前記ドレイン電極12の上面に(p型)電界発光有機半導体材料を成膜して有機半導体層13aを形成する工程(b)、
- ③前記有機半導体層13aの上面に電極材料を櫛状又はメッシュ状に成膜してゲート電極14を形成する工程(c)、
- ④前記有機半導体層13a及び前記ゲート電極14の上面に(p型)電界発光有機半導体材料を成膜して有機半導体層13bを形成する工程(d)、及び、
- ⑤前記有機半導体層13(13a, 13b)の上面に電極材料を成膜してソース電極15を形成する工程(e)、を順次経て製造される。なお、本発明の有機E

Lトランジスタの製造例を図2に基づいて説明したが、図2～9に示された有機ELトランジスタもこれと同様に製造される。そこで、本明細書においては、図2～9に示された有機ELトランジスタの製造方法を理解しやすくするために、図2～9において、有機半導体層を2つの部分に分けてそれらの符号をそれぞれa及びb（例えば、図3においては、23a、23b）と表示した。

【0057】

【実施例】（実施例1）

(i) 透明なガラス基板の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のドレイン電極を形成した。

(ii) ポリフェニレンビニレン（PPV）をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記ドレイン電極の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、（p型）有機半導体層の一部を形成した。

(iii) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(iv) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(ii)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(v) そして、前記有機半導体層の上面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成することにより有機ELトランジスタ（図2参照）とした。

【0058】（実施例2）

(i) ガラス基板の上面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成した。

(ii) ポリフェニレンビニレン（PPV）をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記ドレイン電極の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、（p型）有機半導体層の一部を形成した。

(iii) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(iv) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(ii)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(v) そして、前記有機半導体層の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のドレイン電極を形成することにより有機ELトランジスタ（図3参照）とした。

【0059】（実施例3）

(i) 高濃度にボロン（B）またはリン（P）をドーブした低電気抵抗性のSi基板の裏面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してドレイン電極を形成した。

(ii) ポリフェニレンビニレン（PPV）をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記Si基板の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、（n型）有機半導体層の一部を形成した。

(iii) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(iv) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(ii)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(v) そして、前記有機半導体層の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のソース電極を形成することにより有機ELトランジスタ（図4参照）とした。

【0060】（実施例4）

(i) 透明なガラス基板の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のドレイン電極を形成した。

(ii) PEDOTをキシレンに溶かし、このPEDOT溶液をスピコートにより、前記ドレイン電極の上面に約200Åの膜厚に成膜して正孔注入層を形成した。

(iii) ポリフェニレンビニレン（PPV）をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記ドレイン電極の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、（p型）有機半導体層の一部を形成した。

(iv) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(v) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(iii)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(vi) そして、前記有機半導体層の上面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成することにより有機ELトランジスタ（図5参照）とした。

【0061】（実施例5）

(i) ガラス基板の上面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成した。

(ii) ポリフェニレンビニレン（PPV）をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのP

PV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記ソース電極の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、(p型)有機半導体層の一部を形成した。

(h) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(i) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(d)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(j) PEDOTをキシレンに溶かし、このPEDOT溶液をスピコートにより、前記有機半導体層の上面に約200Åの膜厚に成膜して正孔注入層を形成した。

(k) そして、前記有機半導体層の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のドレイン電極を形成することにより有機ELトランジスタ(図6参照)とした。

#### 【0062】(実施例6)

(i) 透明なガラス基板の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のドレイン電極を形成した。

(d) PEDOTをキシレンに溶かし、このPEDOT溶液をスピコートにより、前記ドレイン電極の上面に約200Åの膜厚に成膜して正孔注入層を形成した。

(h) ポリフェニレンビニレン(PPV)をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記正孔注入層の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、(p型)有機半導体層の一部を形成した。

(i) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(j) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(h)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(k) シアノ基を有するPPVをキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液をスピコートにより前記有機半導体層の上面に約200Åの膜厚に成膜して電子注入層を形成した。

(l) そして、前記有機半導体層の上面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成することにより有機ELトランジスタ(図7参照)とした。

#### 【0063】(実施例7)

(i) ガラス基板の上面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成した。

(d) PEDOTをキシレンに溶かし、このPEDOT溶液をスピコートにより、前記ソース電極の上面に約200Åの膜厚に成膜して正孔注入層を形成した。

(h) ポリフェニレンビニレン(PPV)をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記正孔注入層の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の一部を形成した。

(i) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(j) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(h)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(k) シアノ基を有するPPVをキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液をスピコートにより前記有機半導体層の上面に約200Åの膜厚に成膜して電子注入層を形成した。

(l) シアノ基を有するPPVをキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液をスピコートにより前記有機半導体層の上面に約200Åの膜厚に成膜して電子注入層を形成した。

(f) そして、前記有機半導体層の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚のドレイン電極を形成することにより有機ELトランジスタ(図8参照)とした。

#### 【0064】(実施例8)

(i) 高濃度にボロン(B)又はリン(P)をドーブした低電気抵抗性のSi基板の裏面にAlよりなる電極材料を蒸着により1μm厚に成膜してソース電極を形成した。

(d) ポリフェニレンビニレン(PPV)をキシレン又はクロロホルムよりなる溶剤に溶かして粘度20CPのPPV溶液を調整し、次に、このPPV溶液を前記ソース電極の上面に回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の一部を形成した。

(h) この有機半導体層の上面に、櫛型に形成したメタルマスクを用いて、Alを真空蒸着により成膜して、櫛状のゲート電極を形成した。

(i) 前記有機半導体層及び前記ゲート電極の上面に前記(d)において調整したPPV溶液を回転数500rpmでスピコートして約1000Å厚の薄膜に成膜することにより、有機半導体層の残部を形成した。

(k) そして、前記有機半導体層の上面にITOよりなる透明電極材料をスパッタリングにより成膜して1μm厚

のドレイン電極を形成することにより有機ELトランジスタ(図9参照)とした。

【0065】

【発明の効果】(1)請求項1～16に記載された発明によれば、有機LEDと有機トランジスタとを複合してシンプルな構造をした縦型の有機ELトランジスタ10としたので、①有機ELトランジスタの電流経路であるチャネル長を膜厚に対応して薄くすることによって動作抵抗を低くすることができ、そのために、動作速度を向上させることができ、②表面に形成した電極全体を有効利用して、動作速度を向上させると共に大電力化を可能にすることができ、③発光効率の高い高精細なフルカラー有機ELディスプレイとすることができ、そして、④コストを低減化することができる。また、請求項1～16に記載された発明によれば、櫛状又はメッシュ状のゲート電極を有機半導体層中に有しているので、トランジスタのオン/オフ比が更に大きくなり、ノーマリーオン特性のSITを実現できる。

【0066】(2)請求項2に記載された発明によれば、スイッチング機能と発光機能とを併せた機能を有する有機ELトランジスタとすることができ、そのために、有機ELトランジスタの全体の構造を小型化することができ、さらには、成膜において蒸着、塗布といった簡易な手段を採用することが可能となり、そのために、製造コストを低減化することができる。

【0067】(3)請求項4, 7, 10, 13に記載された発明によれば、正孔注入層を有しているので、①ゲートからのキャリアの注入がなく、そのために、動作速度が速くなり、②電流集中がなく、そのために、破壊大量が大きくなり(大電流が流せる)、③電圧駆動デバイスとなり、そして、④ノーマリーオンタイプでは不飽和電流電圧特性を示す(ノーマリーオフタイプでは、飽和電流電圧特性を示す)。

【0068】(4)請求項5, 8, 11, 14に記載された発明によれば、電子注入層を有しているので、電子注入抵抗を低くすることができ、そのために、さらに大電力化が可能となる。

【0069】(5)請求項17, 18, 19に記載された発明によれば、接触抵抗を低減して電気特性を改善す

ることができる。(6)請求項20に記載された発明によれば、光透過性がよく、しかも、成膜しやすい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図2】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図3】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図4】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図5】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図6】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図7】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図8】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図9】本発明の他の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの断面図である。

【図10】本発明の一実施の形態を示す有機ELトランジスタの製造工程図である。

【図11】SITの概略断面図である。

【符号の説明】

11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81 基板

2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82 ドレイン電極

3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83 有機半導体層

4, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84 ゲート電極

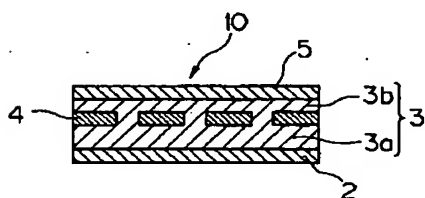
5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 ソース電極

46, 56, 66, 76 正孔注入層

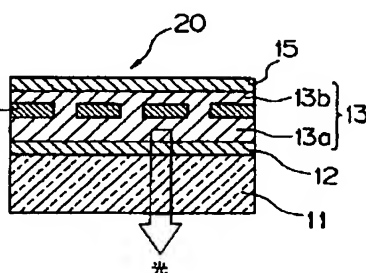
67, 77 電子注入層

10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 有機ELトランジスタ

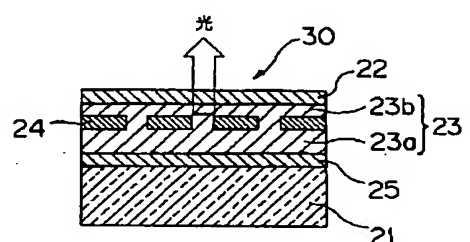
【図1】



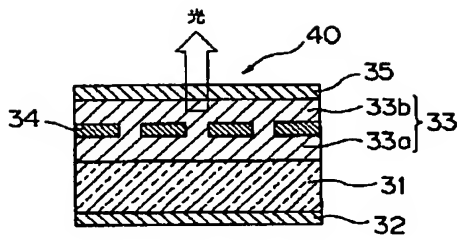
【図2】



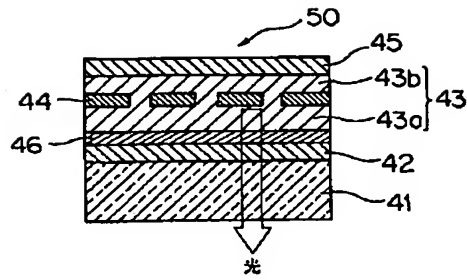
【図3】



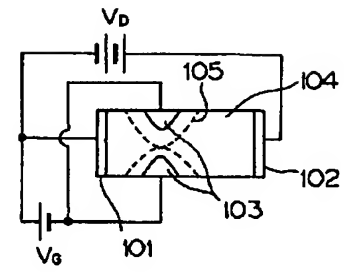
【図 4】



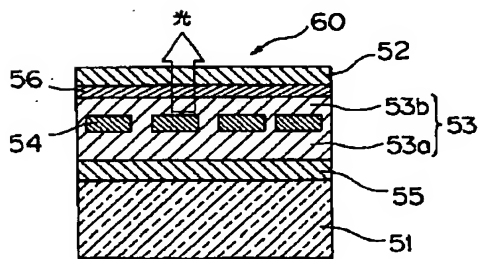
【図 5】



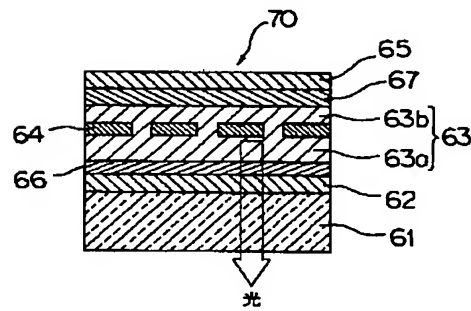
【図 11】



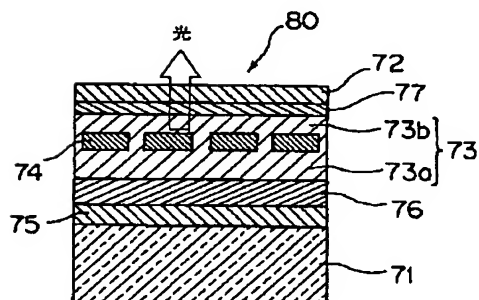
【図 6】



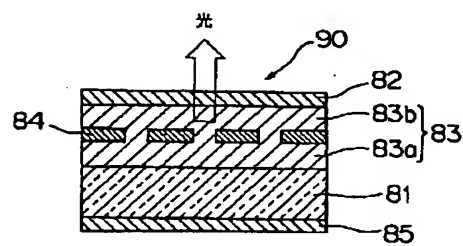
【図 7】



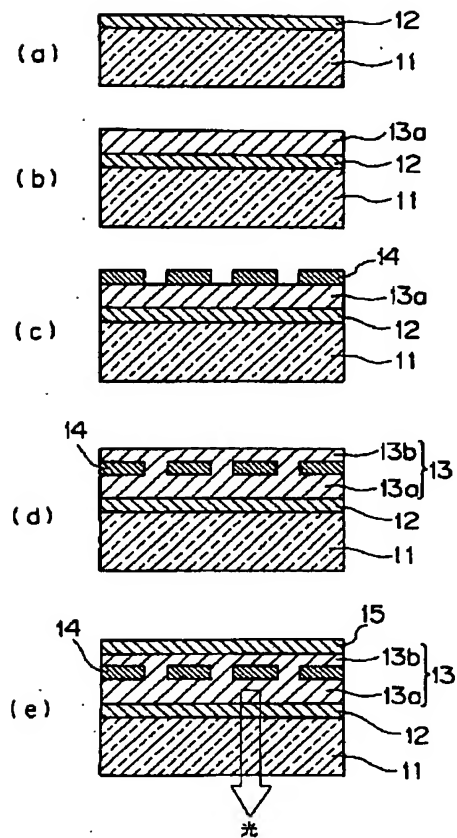
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
33/14

識別記号

F I  
H01L 29/28

ターマコード (参考)

(72) 発明者 近藤 浩  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

(72) 発明者 田野 隆徳  
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式  
会社リコー内

F ターム (参考) 3K007 AB03 DB03 GA00  
5C094 AA21 AA44 AA53 BA03 BA27  
CA19 DA09 DB01 EA04 FA02  
FB01 FB14 FB16